

①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑪ DE 38 13 421 A 1

②① Aktenzeichen: P 38 13 421.7  
②② Anmeldetag: 21. 4. 88  
②③ Offenlegungstag: 2. 11. 89

⑤① Int. Cl. 4:  
H 01 J 61/20  
H 01 J 61/40

DE 38 13 421 A 1

⑦① Anmelder:  
Philips Patentverwaltung GmbH, 2000 Hamburg, DE

⑦② Erfinder:  
Fischer, Ernst, Dr., 5190 Stolberg, DE; Hörster, Horst,  
Dr., 5106 Roetgen, DE

⑤④ Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe

Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe, deren Kolben (2) zwei Elektroden (9, 10) aus Wolfram und eine Füllung besitzt, die außer Edelgas eine Quecksilbermenge größer als  $0,2 \text{ mg/mm}^3$  mit einem Quecksilberdampfdruck größer als 200 bar und wenigstens eines der Halogene Chlor, Brom oder Jod in einer Menge zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-4} \text{ } \mu\text{mol/mm}^3$  enthält, wobei die Wandbelastung im Betrieb größer als  $1 \text{ W/mm}^2$  ist.

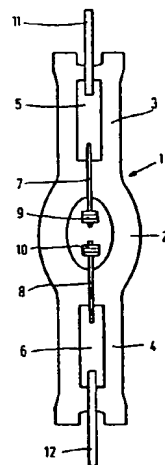


Fig.1

DE 38 13 421 A 1

## Beschreibung

Die Erziehung bezieht sich auf eine Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem Kolben aus hochtemperaturfestem Material, der zwei Elektroden aus Wolfram und eine Füllung enthält, die im wesentlichen aus Quecksilber, Edelgas und im Betriebszustand freiem Halogen besteht, und dessen Wandbelastung im Betrieb größer als  $1 \text{ W/mm}^2$  ist. Der hochtemperaturfeste Kolben kann z. B. aus Quarzglas oder Aluminiumoxid hergestellt sein.

Eine aus der DE-AS 14 89 417 bekannte Superhochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe dieser Art besitzt einen langgestreckten Quarzglaskolben mit  $55 \text{ m}^3$  Inhalt. Dieser Kolben ist mit Edelgas sowie  $6,5 \text{ mg}$  Quecksilber gefüllt; dies entspricht einer Quecksilbermenge von  $0,12 \text{ mg/mm}^3$ . Der Quecksilberdampfdruck dürfte etwa  $120 \text{ bar}$  betragen. Die Lampe hat eine Wandbelastung von etwa  $14,5 \text{ W/mm}^2$ . Zur Verlängerung der Lebensdauer wird nicht nur die Wand des Kolbens, z. B. mittels eines Wasserstromes, gekühlt, sondern auch noch in den Kolben je Kubikmillimeter  $5 \times 10^{-4}$  bis  $5 \times 10^{-2} \text{ gAtom}$  mindestens eines der Halogene eingefüllt.

Derartige Lampen mit Quecksilberdampfdrücken über  $100 \text{ bar}$  erzeugen zwar eine hohe Leuchtdichte und ein relativ kontinuierliches Spektrum, geben jedoch im wesentlichen ein typisches Quecksilber-Spektrum mit einem niedrigen Rotanteil ab.

Aus der GB-PS 11 09 135 ist eine Superhochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem Kapillarrohrkolben aus Quarzglas bekannt, der pro Kubikmillimeter Inhalt mit Quecksilber bis zu einer Menge von  $0,15 \text{ mg}$  gefüllt ist; dies entspricht einem Quecksilberdampfdruck von etwa  $150 \text{ bar}$ . Zur Verbesserung der Farbwiedergabe ist diese Lampe darüber hinaus mit mindestens einem Metalljodid gefüllt. Die hohe Elektrodenbelastung dieser Lampen führt dazu, daß Wolfram von den Elektroden verdampft und sich auf der Kolbenwand niederschlägt. Dies führt zu einer Abschwärzung des Kolbens, wodurch sich dieser stark erhitzt, was wiederum, insbesondere bei hohen Quecksilberdampfdrücken, zu einer Explosion des Kolbens führen kann.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, eine Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe zu schaffen, welche außer einer hohen Leuchtdichte eine gute Lichtausbeute und eine gute Farbwiedergabe sowie eine lange Lebensdauer besitzt.

Diese Aufgabe wird bei einer Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe eingangs erwähnter Art gemäß der Erfindung dadurch gelöst, daß die Quecksilbermenge größer als  $0,2 \text{ mg/mm}^3$  und der Quecksilberdampfdruck im Betrieb größer als  $200 \text{ bar}$  ist und daß wenigstens eines der Halogene Chlor, Brom oder Jod in einer Menge zwischen  $10^{-6}$  und dort  $10^{-4} \text{ } \mu\text{mol/mm}^3$  vorhanden ist.

Bis zu einem Quecksilberdampfdruck von etwa  $150 \text{ bar}$  sind die Lichtausbeute und die Farbwiedergabeeigenschaften von Quecksilberhochdrucklampen praktisch konstant, da im wesentlichen eine Linienstrahlung des Quecksilbers sowie ein kontinuierlicher Strahlungsanteil emittiert wird, der aus der Rekombination von Elektronen und Quecksilberatomen herrührt. Überraschenderweise ergab sich bei höheren Quecksilberdampfdrücken ein deutlicher Anstieg der Lichtausbeute und des Farbwiedergabeindex, der durch einen drastischen Anstieg des Anteils kontinuierlicher Strahlung verursacht wird. Es wird vermutet, daß bei hohen Drücken

über  $200 \text{ bar}$  neben einer Kontinuumsmission aus quasimolekularen Zuständen auch die Bandenmission echter gebundener Molekülzustände einen erheblichen Beitrag leistet. Bei einem Betriebsdruck von etwa  $300 \text{ bar}$  liegt der Kontinuumsanteil der sichtbaren Strahlung deutlich über  $50\%$ . Hierdurch erhöht sich auch der Rotanteil des ausgestrahlten Lichtspektrums.

Zur Aufrechterhaltung dieses hohen Quecksilberdampfdruckes muß die Wandtemperatur des Kolbens hoch sein (etwa  $1000^\circ \text{C}$ ). Außerdem muß der Lampenkolben diesem hohen Druck standhalten, muß also möglichst klein gehalten werden.

Die Obergrenze des Quecksilberdampfdruckes hängt von der Festigkeit des Kolbenmaterials ab, dürfte jedoch für die Praxis bei etwa  $400 \text{ bar}$  liegen. Vorzugsweise liegt die Quecksilbermenge zwischen  $0,2$  und  $0,35 \text{ mg/mm}^3$  und der Quecksilberdampfdruck zwischen  $200$  und  $350 \text{ bar}$ .

Die sehr kleinen Kolbenabmessungen können zu einer verstärkten Wandabschwärzung durch von den Elektroden verdampftes Wolfram führen. Eine solche Wandabschwärzung muß jedoch unbedingt vermieden werden, da andernfalls durch verstärkte Absorption von Wärmestrahlung die Wandtemperatur während der Lebensdauer ansteigt, was wiederum zur Zerstörung des Lampenkolbens führen würde. Als Maßnahme gegen eine solche Wandabschwärzung durch Wolframtransport enthält die Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe nach der Erfindung eine geringe Menge wenigstens eines der Halogene Chlor, Brom oder Jod. Diese Halogene bewirken einen Wolframtransportzyklus, durch welchen das auf dem Lampenkolben abgeschiedene Wolfram wieder zu den Elektroden zurücktransportiert wird.

Zweckmäßigerweise wird bei der Hochdruckentladungslampe nach der Erfindung als Halogen Brom verwendet, das in Form von  $\text{CH}_2\text{Br}_2$  mit einem Fülldruck von etwa  $0,1 \text{ mbar}$  in die Lampe eingebracht wird.

Die erfindungsgemäßen Quecksilberdampfentladungslampen enthalten kein Metallhalogenid, da für eine nennenswerte Erhöhung des Kontinuumsanteils der Strahlung eine so hohe Metallhalogenidkonzentration erforderlich wäre, daß infolge der hohen Wolframtransportraten eine sehr schnelle Korrosion der Elektroden auftreten würde. Hochbelastete Metallhalogenidlampen, wie sie z. B. in der GB-PS 11 09 135 beschrieben sind, erreichen daher typischerweise nur Lebensdauern von einigen hundert Stunden, während bei den Lampen nach der Erfindung Lebensdauern von mehr als  $5000$  Stunden bei konstanter Lichtausbeute ( $\Delta\eta < 2\%$ ) und völlig gleichbleibenden Farbwiedergabeeigenschaften ( $\Delta x, \Delta y < 0,005$  während  $5000$  Stunden) erreicht werden konnten. Hierbei sind  $\eta$  der Wirkungsgrad und  $x$  und  $y$  die Farbkoordinaten.

Die Lampen nach der Erfindung haben eine Farbtemperatur von mehr als  $8000 \text{ K}$ . Der Nachteil dieser hohen Farbtemperatur und der im Vergleich zu Metallhalogenidlampen schlechteren Farbwiedergabe kann bei einer Entladungslampe nach der Erfindung dadurch ausgeglichen werden, daß die Lampe von einem Filter für den blauen Strahlungsanteil umgeben ist.

In diesem Zusammenhang sei darauf hingewiesen, daß es aus der GB-PS 15 39 429 bekannt ist, bei Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampen mit Halogenidzusatz durch Verwendung eines Filters den Blauanteil der Strahlung zu reduzieren und somit eine Farbverbesserung der ausgesandten Strahlung zu erreichen. Bei Quecksilberdampfentladungslampen mit einem

Quecksilberdampfdruck bis etwa 150 bar wäre ein derartiges Filter praktisch wirkungslos, da das emittierte Licht fast keinen Rotanteil besitzt. Das Spektrum der erfindungsgemäßen Lampe hat jedoch einen so hohen Anteil an kontinuierlicher roter Strahlung, daß mit Hilfe eines Filters für den blauen Strahlungsanteil bei einem Lichtverlust von nur 15% die Emission von weißem Licht mit einer Farbtemperatur von 5500 K und einem Farbwiedergabeindex von 70 erreicht werden kann.

Einige Ausführungsbeispiele nach der Erfindung werden nunmehr anhand der Zeichnung näher beschrieben. Es zeigen:

Fig. 1 eine Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem ellipsoidförmigen Lampenkolben,

Fig. 2 eine Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem zylindrischen Lampenkolben, der von einem mit einem Filter beschichteten Außenkolben umgeben ist,

Fig. 3 das ausgestrahlte Lichtspektrum einer Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem Quecksilberdampfdruck größer als 200 bar und

Fig. 4 das Transmissionsspektrum eines bei der Lampe nach Fig. 2 verwendeten Filters.

Die Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe 1 nach Fig. 1 besitzt einen ellipsoidförmigen Lampenkolben 2 aus Quarzglas. An die Kolbenenden schließen sich zylindrische Quarzteile 3 und 4 an, in welche Molybdänfolien 5 und 6 vakuumdicht eingeschmolzen sind. Die inneren Enden der Molybdänfolien 5 und 6 sind mit Poldrähnen 7 und 8 verbunden, welche Elektroden 9 und 10 aus Wolfram tragen.

An die äußeren Enden der Molybdänfolien 5 und 6 schließen sich nach außen führende Stromzuführungsdrähte 11 und 12 aus Molybdän an.

Die Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe 13 nach Fig. 2 ist ähnlich aufgebaut wie die Lampe nach Fig. 1. Der Lampenkolben 14 ist lediglich zylindrisch ausgebildet. Die Lampe 13 ist von einem Außenkolben 15 aus Quarzglas umgeben, der auf der Innenseite mit einem Interferenzfilter 16 beschichtet ist. Dieses Filter 16 dient zur Verminderung der von der Lampe 13 ausgesandten blauen Strahlung.

Es folgen die Daten einiger praktischer Ausführungsbeispiele:

#### Lampe 1

Ellipsoidförmiger Lampenkolben nach Fig. 1 mit 1,8 mm Wandstärke. Die Innenabmessungen und Betriebsdaten betragen:

Länge	7 mm
Durchmesser	2,5 mm
Kolbenvolumen	23 mm <sup>3</sup>
Elektrodenabstand	1,2 mm
Füllung:	
Quecksilber	5 mg Hg (0,218 mg/mm <sup>3</sup> )
Halogen	$5 \times 10^{-6}$ µmol/mm <sup>3</sup> CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>
Betriebsdruck	ca. 170 bar
Leistung	50 W
Brennspannung	70 V
Lichtausbeute	56 lm/W
Wandbelastung	1,30 W/mm <sup>2</sup>

#### Lampe 2

Ellipsoidförmiger Lampenkolben nach Fig. 1 mit

1,7 mm Wandstärke. Die Innenabmessungen und Betriebsdaten betragen:

Länge	5 mm
Durchmesser	2,5 mm
Kolbenvolumen	16,5 mm <sup>3</sup>
Elektrodenabstand	1,0 mm
Füllung:	
Quecksilber	4 mg Hg (0,243 mg/mm <sup>3</sup> )
Halogen	$5 \times 10^{-6}$ µmol/mm <sup>3</sup> CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>
Betriebsdruck	ca. 220 bar
Leistung	40 W
Brennspannung	80 V
Lichtausbeute	56 lm/W
Wandbelastung	1,30 W/mm <sup>2</sup>

#### Lampe 3

Zylindrischer Lampenkolben nach Fig. 2 mit 1,3 mm Wandstärke ohne Außenkolben. Die Innenabmessungen und Betriebsdaten betragen:

Länge	4 mm
Durchmesser	1,5 mm
Kolbenvolumen	7 mm <sup>3</sup>
Elektrodenabstand	1,0 mm
Füllung:	
Quecksilber	2,5 mg Hg (0,357 mg/mm <sup>3</sup> )
Halogen	$5 \times 10^{-6}$ µmol/mm <sup>3</sup> CH <sub>2</sub> Br <sub>2</sub>
Betriebsdruck	300 bar
Leistung	30 W
Brennspannung	92 V
Lichtausbeute	60 lm/W
Wandbelastung	1,36 W/mm <sup>2</sup>

Die beschriebenen Lampen besitzen eine Farbtemperatur von mehr als 8000 K, die Farbwiedergabe ist jedoch gegenüber Lampen mit niedrigem Betriebsdruck wesentlich verbessert. So beträgt der Farbwiedergabeindex  $R_a$  für die drei soeben beschriebenen Lampen 51,5, 55,2, und 61,6, während mit einer Lampe entsprechend Beispiel 1 jedoch mit einem Betriebsdruck von 100 bar nur ein Farbwiedergabeindex von 32,7 erreicht wurde.

In Fig. 3 ist das von einer Lampe nach Beispiel 2 ausgestrahlte Lichtspektrum als Intensität  $I$  über der Wellenlänge  $\lambda$  dargestellt. Hieraus geht hervor, daß der Kontinuumsanteil der sichtbaren Strahlung bei etwa 50% liegt.

Bei der Lampe nach Fig. 2 besteht das Interferenzfilter 16 z. B. aus einer alternierenden Schichtenfolge von chemisch modifiziertem Titandioxid und amorphen Siliziumdioxid. Derartige Interferenzfilter sind Gegenstand der deutschen Patentanmeldung P 37 24 216.4. Bei einem praktischen Ausführungsbeispiel hatte das verwendete Filter einen Transmissionsgrad  $T_r$ , wie er in Fig. 4 in Abhängigkeit von der Wellenlänge  $\lambda$  dargestellt ist. Dabei ergaben sich folgende lichttechnische Daten:

ohne Filter:	
Farbtemperatur:	8580 K
Farbwiedergabeindex:	55,2
Lichtausbeute:	56 lm/W
mit Filter:	
Farbtemperatur:	5500 K
Farbwiedergabeindex:	69,7
Lichtausbeute:	48 lm/W

Hieraus geht hervor, daß durch das Interferenzfilter nicht nur die Farbtemperatur stark herabgesetzt wird, sondern sich gleichzeitig der Farbwiedergabeindex erheblich verbessert.

Gegenüber vergleichbaren hochbelasteten Metallhalogenidlampen haben die erfindungsgemäßen Lampen zwar eine etwas geringere Lichtausbeute und beim Betrieb ohne Filter auch schlechtere Farbwiedergabeeigenschaften, zeichnen sich jedoch durch eine extrem gute Konstanz der lichttechnischen Daten, eine während der Brenndauer unveränderbare Lichtausbeute und eine sehr hohe Lebensdauer aus. Während mit hochbelasteten Metallhalogenidlampen einige hundert Stunden Lebensdauer erreicht werden, zeigen die erfindungsgemäßen Lampen selbst nach einer Brenndauer von mehr als 5000 Stunden noch keine nennenswerten Veränderungen.

#### Patentansprüche

1. Hochdruck-Quecksilberdampfentladungslampe mit einem Kolben aus hochtemperaturfestem Material, der zwei Elektroden aus Wolfram und eine Füllung enthält, die im wesentlichen aus Quecksilber, Edelgas und im Betriebszustand freiem Halogen besteht, und dessen Wandbelastung im Betrieb größer als  $1 \text{ W/mm}^2$  ist, dadurch gekennzeichnet, daß die Quecksilbermenge größer als  $0,2 \text{ mg/mm}^3$  und der Quecksilberdampfdruck größer als 200 bar ist und daß wenigstens eines der Halogene Chlor, Brom oder Jod in einer Menge zwischen  $10^{-6}$  und  $10^{-4} \text{ } \mu\text{mol/mm}^3$  vorhanden ist.
2. Entladungslampe nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Quecksilbermenge zwischen  $0,2$  und  $0,35 \text{ mg/mm}^3$  und der Quecksilberdampfdruck im Betrieb zwischen 200 und 350 bar liegt.
3. Entladungslampe nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Lampe von einem Filter für den blauen Strahlungsanteil umgeben ist.

Nummer:  
Int. Cl.4:  
Anmeldetag:  
Offenlegungstag:

38 13 421  
H 01 J 61/20  
21. April 1988  
2. November 1989

1/2

11

3813421

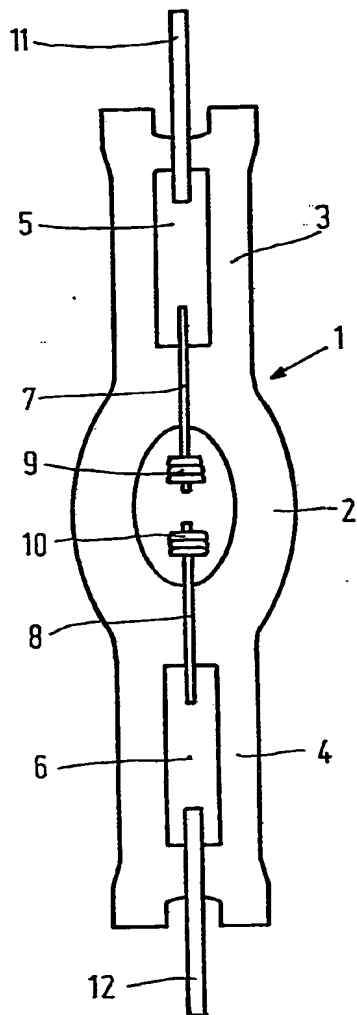


Fig.1

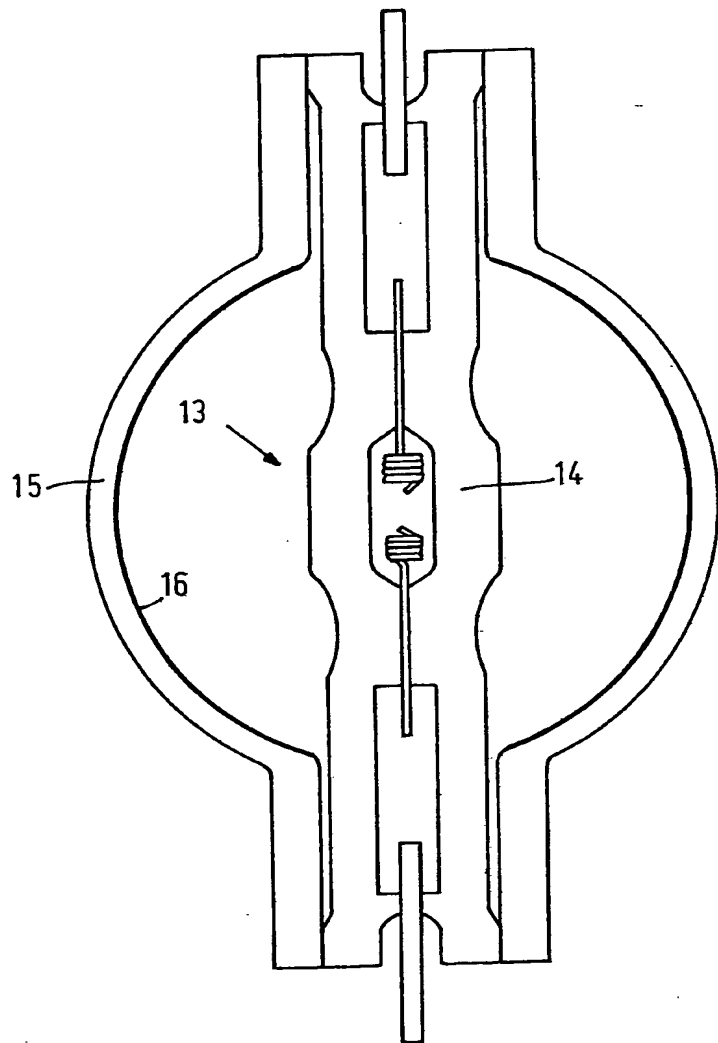


Fig.2

